

P. 0557. U

**PROJECTION OPTICAL DEVICE**

**Patent number:** JP62058624  
**Publication date:** 1987-03-14  
**Inventor:** MURAKAMI MASAKAZU; others: 02  
**Applicant:** NIPPON KOGAKU KK  
**Classification:**  
 - international: H01L21/30; G03F9/00; H01L21/68  
 - european:  
**Application number:** JP19850197696 19850909  
**Priority number(s):**

Also published as:

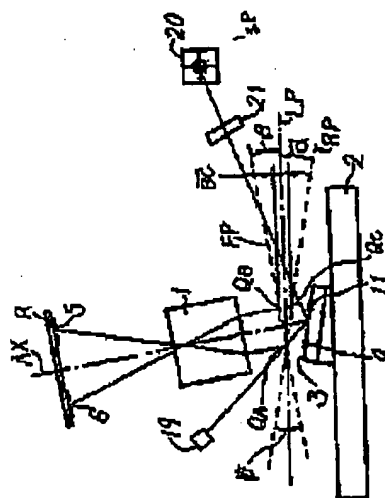
 US4704020 (A1)

Report a data error here

**Abstract of JP62058624**

**PURPOSE:** To measure the relative gradient successfully regardless of the gradient optical axis of projection lens by a method wherein the relative gradient between the wafer surface and the projection image-formed surface of a mask pattern is calibrated making reference to the gradient of projected substrate surface to the specified reference surface.

**CONSTITUTION:** In order to make the surface (mirror face) 3 of semiconductor wafer and the projection image-formed surface FR of a mask pattern relatively gradient, the parallel light flux from a light emitting system 19 is reflected on the mirror face 3 to be entered into a light receiving system 20. At this time, a plane parallel 21 is adjusted so that a spot SP may be image-formed on a specified position. Next a stage 2 is lifted to maximize the contrast between masks 9 and 11 for measuring the shifting amount. Finally the relative gradient between the projection image-formed surface and the wafer surface can be measured making reference to the shifting amount, the distance between masks 9 and 11 and the adjusted value of plane parallel 21.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Patent Abstracts of Japan

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-58624

⑬ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)3月14日

H 01 L 21/30  
G 03 F 9/00  
H 01 L 21/68Z-7376-5F  
7124-2H  
7168-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑮ 発明の名称 投影光学装置

⑯ 特 願 昭60-197696

⑰ 出 願 昭60(1985)9月9日

⑱ 発 明 者 村 上 雅 一 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会社  
大井製作所内⑲ 発 明 者 諏 訪 恭 一 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会社  
大井製作所内⑲ 発 明 者 川 井 秀 実 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会社  
大井製作所内

⑳ 出 願 人 日本光学工業株式会社 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

㉑ 代 理 人 弁理士 佐藤 正年 外2名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

投影光学装置

## 2. 特許請求の範囲

マスクのパターンを投影光学系を介してステージ上の被投影基板に投影する場合に、該投影光学系の結像面に対する被投影基板の傾きを校正する投影光学装置において、

前記投影光学系を介して、前記被投影基板の表面と前記パターンの投影結像面との相対的な傾き量を検出する第1の検出手段と、

前記投影光学系とは無関係に、所定の基準平面に対する被投影基板の表面の傾き量を検出する第2の検出手段と、

前記第1の検出手段によって検出された傾き量を、前記第2の検出手段の校正情報として導入する校正手段とを具備することを特徴とする投影光学装置。

## 3. 発明の詳細な説明

(発明の技術分野)

本発明は、例えば回路図素などの半導体装置の製造工程において、半導体ウエハの表面と露光などのための投影光軸との傾きの絶対角を計測する装置にかかるものであり、他の傾斜相対角測定系のキャリブレーション手段として好適な投影光学装置に関するものである。

(発明の背景)

従来のレベル計測方法としては、例えば特開昭58-113706号に開示されたものがある。この公報に開示された方法は、オフアキレスで平行光束を試料面すなわち半導体ウエハ表面に照射するというウエハ面傾斜測定方式である。

ところが、この方式では、基準傾き角すなわちセンサ出力が零になる傾斜角を見出すために、ウエハ面の傾きを変えながらウエハに対する露光を行っては調整を行うという繰り返し作業が必要である。

また、一度基準傾き角が決定されると、以後の投影光軸と測定系の変化については、再びウエハに対する露光を行わなければならない、非常に不便

## 特開昭62-58624 (2)

であり、オフアキシスで平行光束を試料面に照射する方法を有効に活用し得る手段が要望されている。

また、一方においてTTLによるオートレベリングと称されるレベル測定方法もある。この方法は、露光視野内の4ヶ所でレチクルマークのコントラストを計測し、各々のコントラストの最大点で張る面を最適結像面としてチャップレベリングを行うものであり、測定波長と露光波長のキャリブレーションいわゆる傾斜角絶対補正方法も提案されている。

しかしながら、以上のような手段においては、次のような不都合がある。

- ① 4点でしかコントラストが測定されないため、面全体の傾きを必ずしも代表していない。
- ② レチクルマークがウェハ面回路に投影されると、下地凹凸の影響を受けやすく、これを避ける必要がある。

## (発明の目的)

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、

投影レンズの光軸の傾きにかかわらず、良好に半導体ウェハの表面の傾きを補正あるいは校正することができる投影光学装置を提供することをその目的とするものである。

## (発明の概要)

本発明は、第1の検出手段により、被投影基板例えば半導体ウェハの表面とマスクのパターンの投影結像面との相対的な傾き量を投影光学系を介して検出し、第2の検出手段により、所定の基準面に対する被投影基板の表面の傾き量を投影光学系とは無関係に検出し、第1の検出手段による傾き量を第2の検出手段の校正情報として校正手段により導入することを技術的要点としている。

## (実施例)

以下、本発明にかかる投影光学装置を、添付図面に示す実施例を参照しながら詳細に説明する。

第2図には、本発明の実施例において使用される露光装置の概略の構成が示されている。この図において、例えば第3図に示すようなレチクルRは、投影レンズ1の物体面に設置されており、更

に、光学系4A、4BはレチクルR上の開口5、6を介してウェハステージ2を観察することができるよう配置されている。なお、図の垂直方向にも同様の光学系が配置されている。また、ウェハステージ2には、鏡面3が設けられている。この鏡面3としては、例えば装置のアライメント系を校正するために使用される基準マークが設けられた基準マーク板の表面(クロム面)が用いられる。尚、第3図において、開口5、6、7、8はレチクルRの中心RCを原点とするxy座標系を定めたとき、夫々、x軸、y軸上に配置される。

レチクルR上の開口5、6には第4図に示すような格子状のパターンが形成されており、他方、鏡面3上にはウェハステージ2が所定の位置に来たときに、第5図に示す如くレチクルRの開口5内に来る格子状のパターン8が形成されている。また、かかる位置にウェハステージ2があるときには、他の開口6、7、8についても第5図と同様の状態となるように格子状のパターン10、11、12が鏡面3上に形成されている(第6図

参照)。

次に、第7図を参照しながら詳細に説明する。なお、以下に説明する装置は、レチクルR及び鏡面3上に第4図で示したようなパターンが形成されており、これを工業用テレビカメラ(iTV)で観察することによって得られるビデオ信号のコントラスト差を利用するものである。また、係る装置において、ステージ2上の鏡面3は、z方向に対する上下動位置が図示しないセンサ手段によって測定されており、ステージ2は、x、y方向に移動しない。鏡面3上のマーク9ないし12により、レチクルR上のマーク5、6、7、8に相当する位置にフォーカス用マーク(格子状のパターン)を形成することが特徴である。

第7図において、照明光は光ファイバー14によって図示しない光源から導かれており、ハーフミラー30及び反射ミラー32を介してレチクルRの開口5の方向に送られている。ハーフミラー30と光ファイバー14との間の適宜位置には、照射視野絞り13が設けられており、レチクルR

## 特開昭62-58624 (3)

の開口5のみが照明されるようになっている。

鏡面3によって反射された光は、反射ミラー32及びハーフミラー30を介して結像レンズ18に入射し、工業用テレビカメラ(1TV)15に結像する。この工業用テレビカメラ(1TV)15には、画像処理回路18を介して制御回路17が接続されている。なお、以上の各部分は、レチクルRの開口5、6、7、8の各々に対応して4組設けられている。

これらのうち、工業用テレビカメラ15は、第5図のa又はbで示す領域を同時に、又はともに撮像できるようになっており、例えば第8図(A)に示す領域bの走査線SLに対応したビデオ信号1は、同図(B)に示す如くとなる。

以上の装置の調整について説明すると、まず、第4図に示すレチクルRの開口5の格子パターンを工業用テレビカメラ15で撮像走査し、その画像信号から第8図(B)に示すような波形のコントラストを調べ、レンズ18を光軸方向に調整する。なお、格子パターンは、レンズ18、工業用テ

レビカメラ15の解像力に近い解像に設定されている。以上の操作により、レチクルRと工業用テレビカメラ15の撮像面との合焦が行われる。

次に、鏡面3上のマーク9を同様の処理で、鏡面8を上下動させて合焦する。この操作により、工業用テレビカメラ15の撮像面、レチクルR、及び鏡面8の合焦が行われることとなる。すなわち、工業用テレビカメラ15は、第5図の領域a、bのいずれのマーク像も最良のコントラストで撮像できることとなる。なお、コントラスト検出は、例えば特開昭60-101540号に開示された方法で行う。

また、上記調整において、領域aで撮像する場合には、レチクルR上のマークないし開口5内の格子パターンを透過した照明光が鏡面3で反射し、格子パターンを裏側すなわち投影レンズ1側から逆照明することになる。投影レンズ1がレチクルR側で非テレセントリックであるとする、格子パターンからの直接反射光はテレビ系に戻らず、西面内で黒く見えることとなる。他方、領域bで

画像信号を読み込む場合は、鏡面8上のマーク9のみの像のコントラストを検出することになる。

更に、第3図、第6図に示すように、レチクルR周辺の複数のマークないし開口5、6、7、8の格子パターンは、各々設けられたアライメント光学系でステージ2を動かすことなく同時にコントラスト検出した方がよい。これは、ステージ2を各光学系の下に鏡面3上のマーク9、10、11、12がくるように移動させたとしても、ステージ2の走りや鏡面3を保持するホルダー等が傾斜してしまった場合に測定の意味がなくなるからである。第5図の領域a、bはどちらを用いるようにしてもよい。

ここで、投影レンズ1の結像光軸AXは、ステージ2の水平な走り面に対して角度 $\theta$ 傾いており、鏡面3は角度 $\alpha$ 傾いているものとする。第1図には、かかる場合が示されている。この図において、レチクルRの結像面をFP、ステージ2の水平な走り面をLPとすると、角度 $\beta$ は結像面FPと走り面LPとの傾き角でもある。さらにこの図にお

いて、送光系19及び受光系20により特開昭58-113706号公報に開示されたようなオートベリリングセンサが構成されており、受光系20とステージ2との間の光路中には零点補正機構21が配置されている。送光系19はウェハに塗布されたフォトレジストを露光させない波長の光を射出する。

第9図には、かかるオートベリリングセンサ部分の詳細な構成例が示されている。まず、零点補正機構21には、第9図(A)に示すプレーンパラレル21A、21Bが含まれている。プレーンパラレル21A、21Bは、各々鏡21C、21Dを中心としてモータ等によって回転し得るようになっている。同図(B)に示すように、平行光束に対して垂直に設けられているときは、そのまま光束を透過し、同図(C)に示すように平行光束に対して傾いて置かれているときは、光束がシフトする。同図(A)に示すように、プレーンパラレル21Aを傾けると矢印AAの方向に光束がシフトし、プレーンパラレル21Bを傾けると矢印B

## 特開昭62-58624 (4)

Bの方向に光束がシフトする。従って、プレーンパラレル21A, 21Bの双方の傾きを適当に調整することにより、2次元的に光束をシフトさせることができる。

次に、第9図(D)に示すように、受光系20は受光素子20A, 20B, 20C, 20Dから成っており、各々アンプ20E, 20F, 20G, 20Hを介して処理回路20Iに接続されている。前述したように、零点補正機構21を通過した光は、受光系20のほぼ中心部にスポットを形成するように入射するが、受光素子20A, 20B, 20C, 20Dの出力差から入射光束のスポットのシフトの程度が2次元的に検出できるようになっている。勿論、受光系20は、鏡面3やウェハ表面の傾きを検出するものでもある。特開昭58-113706号にも開示されているように、送光系19は、投影レンズ1による露光領域の全体に斜めから平行光束を照射するものであり、受光系20上のスポットの位置変化は、露光領域全体の平均的な面の傾きを代表したものとなる。

Dが $(A+D)-(B+C)=0$ となるようにする。この調整後の状態は第10図(B)に示す通りである。次に、プレーンパラレル21Aの傾斜を調整して、 $(A+B)-(C+D)=0$ となるようにする。これによって零点補正が行われる。なお、このときのプレーンパラレル21A, 21Bの傾き角ないし角度は、初期値として記憶される。

次に、第1図において、図示しないセンサ手段により位置を測定しつつステージ2を上昇させ、鏡面3上のマーク9のコントラストが最大となるようにする。この調整には、第7図に示す装置が利用される。この点をQAとすると、マーク9に対向するマーク11の位置はQCとなる。ここで、鏡面3は走り面LPに対して傾いているものとし、鏡面3と平行で点QAを含む面をRPとする。そして走り面LPに対する面RPの傾きを $\theta$ とする。

次に、更にステージ2を上昇させると、位置QBにおいてマーク11のコントラストが最大となる。このときのステージ2の走り面LPと垂直方向の移動量から上下動かした距離BC(位置

尚、プレーンパラレル21A, 21Bは、実際は平行光路中に存在するのではなく、ウェハや鏡面3からの反射平行光を集光するレンズと、そのレンズによる焦点面に配置された受光系20との間に存在する。また処理回路20Iは、プレーンパラレル21A, 21Bを回転するための駆動モータに適宜制御信号を出力する。

次に、上記実施例の全体的動作について説明する。第1図において、送光系19から出力された平行光束は鏡面3によって反射されて受光系20に入射するが、このとき、受光系20の受光素子20A, 20B, 20C, 20Dの出力が同一となるように調整する。

これを第10図を参照して説明すると、まず、鏡面3をレベリングセンサで検出できるようにステージ2を位置決めした時点で、図4(A)に示すようにスポットSPが受光系20上に位置するものとする。

次に、プレーンパラレル21Bの傾斜を調整して受光素子20Aないし20Dの出力A, B, C,

QB, QC間の距離)が求められる。この移動量は、不図示の計測器(エンコーダ又は焦点検出系)によって検出される。一方、設計時のデータからマーク9と11の走り面LPに沿った方向の距離は既知である。これをLとすると、

$$\sin V = \frac{BC}{L} \quad \dots \dots \dots (1)$$

となる。しかし、実際には

$$V \approx \frac{BC}{L} \quad \dots \dots \dots (2)$$

と近似することができる。

次に、第1図に示すように、鏡面3の位置を下げて送光系19の光が再び受光系20に入射するようにする。このとき、受光系20は、第10図(C)に示す状態となっているはずである。

特開昭62-58624 (5)

そして、

$$\psi = -\frac{BC}{L} \dots \dots \dots (3)$$

に相当する方向すなわち $-(\alpha + \beta)$ の方向から光が入射した場合と同様の出力が受光系20によって得られるように、零点補正機構21を調整する。すなわち、零点の状態にある受光系20に対し、第(3)式で示すオフセットをかけることとする。なお、受光系20の出力と零点補正機構21のプレーンパラレル21A、21Bの回転角度との関係は、あらかじめ処理回路201内にテーブルとして求められており、これを利用して上記調整が行われる。

次に、ウェハ面すなわち鏡面3が像面すなわち第1図の点QA、QBを含む面FPと一致するようにステージ2を不図示のレベリング調整機構を用いて制御する。前述した調整により、第(3)式で示すオフセットがすでにかけられているので、結像面FPと鏡面3が平行になるようにステージ2

に対してわずかに傾いていた場合、レチクルRの開口5、6、7、8の投影像が結像する像面も、光軸AXとは垂直にはならず、わずかに傾いてしまう。しかし、そのような場合であっても、レチクルRの投影像面とウェハ表面とが平行になったとき、受光系20は零点になるように校正される。

さて上記例では、2つのマーク9、10を用いた場合を説明したが、これを2次元に拡張しても同様である。平面の傾きないし角度は、平面上の3点の位置関係から求めることができる。

例えば、第11図に示すように、TTLフォーカス計測(第1図参照)の対象となる鏡面3上のマークを9、10、11とし、オフアキシスのオートレベリングセンサの光軸を30とする。第11図で座標系XYの原点は投影レンズ1の光軸AXと交わり、円形の領域はイメージフィールドである。この光軸30に対する角度オフセットは、一般的には2方向例えば軸と、7に $\psi$ 、7'に $\psi'$ として与えられる。なお、 $\psi$ 、7は、受光系20上における座標軸である(第10図(C)参照)。

の姿勢を調整すれば、受光系20が零点の状態となる。

すなわち、受光系素子20A、20B、20C、20Dの出力が等しくなるようにする。

別言すると、第2の検出手段としての受光系20は、最初まずステージ2上の鏡面8によって「0」の状態にセットされ、次に、第1の検出手段としてのTTLアライメント光学系4A、4B、ステージ2の上下量の計測器によって傾斜角 $\psi$ ( $BC/L$ )を検出し、その逆方向の傾き角( $-BC/L$ )のオフセットを校正手段としてのプレーンパラレル21A、21Bの回転角に校正値として導入するようにする。

このようにすると、鏡面3が走り面LPに対して傾いたとしても、受光系20は結像面FPと平行な面を常に零点として検出するように校正される。また、第1図ではレチクルRが光軸AXと垂直になり、結像面FPも光軸AXと垂直になるように示したが、このような設定は必ずしも必要なことではない。すなわちレチクルRが光軸AXに

測定するマーク9、10、11によって作られる平面から例えばX軸を中心とする傾き $\psi_x$ とY軸を中心とする傾き $\psi_y$ が求められる。これらの傾き $\psi_x$ 、 $\psi_y$ を、7面に投影するには、例えば角度変換の一般式を用いる。

以上のようにして、実際の露光時に於けるウェハ上の露光領域の傾きは、キャリブレーションされたオートレベリングセンサ(第2の検出手段)のみによって検出し、ステージ2の姿勢を調整すればよい。

また、上記例では、一軸のオートレベリングセンサを用いたが、第12図に示すように、エア等の多点測定非TTL方式を第2の検出手段として用いるようにしても、オートチップレベリングにおける絶対値キャリブレーション等を両機に行うことができる。

前述すると、第12図(A)に示すように、投影レンズ100の周囲に、エアマイクロ式オートフォーカス検出部102、104、106を設ける。これらの検出部102、104、106は、

## 特開昭62-58624 (6)

例えば第12図(B)に示すように、ノズル102Aからウェハ面Wに対して一定圧力の気体が噴射されるようになっており、この気体の背圧変化がセンサ102Bで検出し得るように構成されている。該背圧が所定値よりも小さいときは、ノズル102Aとウェハ面Wとの間隔が大きすぎることになる、逆に所定値より大きいときは、該間隔が小さすぎることになる。従って、投影レンズ100の周囲に3つのエアマイクロ式オートフォーカス検出部102, 104, 106を設けることによって、ウェハ面Wの傾きを検出することができる。すなわち、各検出部102, 104, 106の背圧センサ出力をモニターし、これらが全て同一であれば、ウェハ面Wと像面とは一致又は平行していることになる。

従って、個々のセンサに対し、適当なオフセットを加えることによりキャリブレーションを行うことができる。

更に、上記実施例では、平行平面ガラスを回転させて校正を行うようにしたが、以下のような方

法で校正を行うようにしてもよい。

第1の方法は、まずTTL方式によって角度 $\theta$ と $\alpha$ との合成角が検出されたときに、斜めから光が入射しているレベリングセンサの出力すなわち受光系20の出力を記憶し、次に、該記憶値を、ウェハ面のレベリング計測時の基準値とするように、電氣的又はソフトウェア的に換算する。この場合には、実際にウェハ面を計測したときのレベリングセンサ受光系20の出力と記憶値とが同一のときに鏡像面とウェハ面とが一致することになる。

第2の方法は、同じくTTL方式で角度 $\alpha$ ,  $\beta$ の合成角が検出された時点で、鏡面3をその逆の角度だけ傾斜的に傾けるようにする。このとき、レベリングセンサが校正前に零点になるように、鏡面3の傾斜を機械的にサーボ制御する。

いずれの実施例においても、鏡面は基準マーク板であり、ウェハをチャックするホルダーの設置面とはほぼ平行にステージ上に設けられ、鏡面とホルダーの設置面とは完全に平行である必要はない。

## (発明の効果)

以上のように、本発明によれば、投影光学系による投影像面の傾きの有無にかかわらず、良好に半導体ウェハの裂面の傾きを補正することができるという効果がある。

## 4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の一実施例における補正時の状態を示す説明図、第2図はTTL光学系の概略構成を示す説明図、第3図はレチクルRの一例を示す平面図、第4図はレチクルRに形成されるマークの一例を示す平面図、第5図はレチクルRの開口から見た状態を示す説明図、第6図は鏡面の一例を示す平面図、第7図はTTL光学系の一例を示すブロック図、第8図は工業用テレビカメラの出力を示す説明図、第9図及び第10図はオートレベリングセンサの動作を説明する説明図、第11図及び第12図は本発明の他の実施例を示す説明図である。

## 主要部分の符号の説明

1…投影レンズ、2…ステージ、3…鏡面、4…

光学系、5, 6, 7, 8…開口、9, 10, 11, 12…マーク、13…スリット、14…光ファイバ、15…工業用テレビカメラ、16…画像処理回路、17…制御回路、18…レンズ、19…送光系、20…受光系、21…零点補正機構、R…レチクル。

代理人 弁理士 佐 藤 正 年

